

SEMANTIC WEB TECHNOLOGIES I

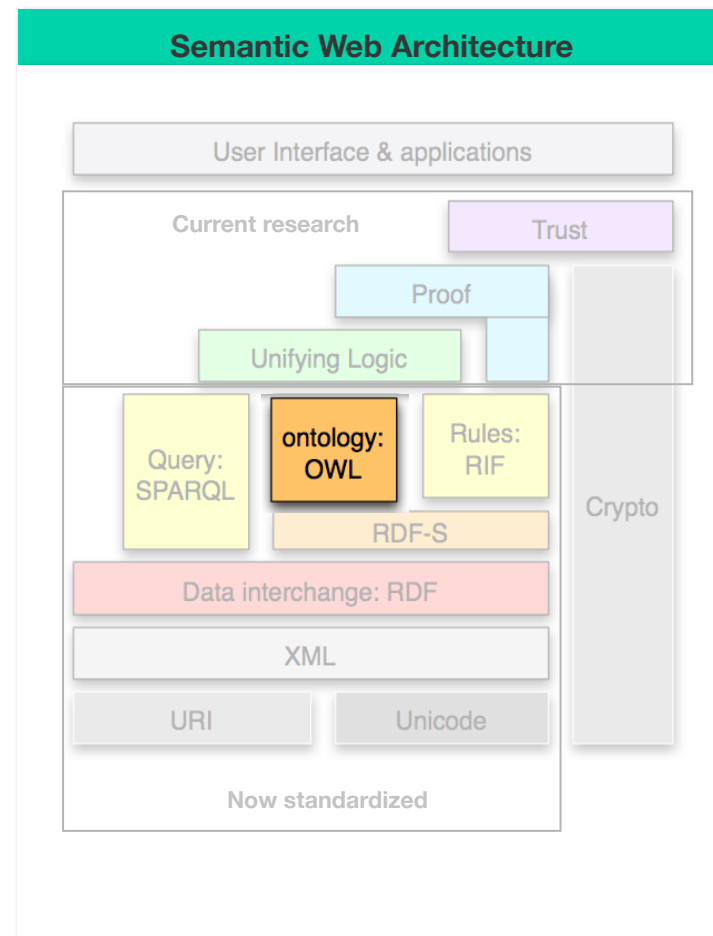
Lehrveranstaltung im WS10/11

Dr. Andreas Harth
Dr. Sebastian Rudolph

OWL – SYNTAX & INTUITION

I/2

Dr. Sebastian Rudolph



AGENDA

AIFB 

- Motivation
- OWL - Allgemeines
- Klassen, Rollen und Individuen
- Klassenbeziehungen
- komplexe Klassen
- Eigenschaften von Rollen
- Anfragen an OWL-Ontologien

AGENDA

- Motivation
- OWL - Allgemeines
- Klassen, Rollen und Individuen
- Klassenbeziehungen
- komplexe Klassen
- Eigenschaften von Rollen
- Anfragen an OWL-Ontologien

ONTOLOGIE – PHILOSOPHISCH

- Begriff existiert nur in der Einzahl (es gibt also keine „Ontologien“)
- bezeichnet die „*Lehre vom Sein*“
- zu finden bei Aristoteles (Sokrates), Thomas von Aquin, Descartes, Kant, Hegel, Wittgenstein, Heidegger, Quine, ...

Gruber (1993):

„An Ontology is a

formal specification

⇒ maschinell interpretierbar

of a shared

⇒ beruht auf Konsens

conceptualization

⇒ beschreibt Begrifflichkeiten

of a domain of interest“

⇒ bezogen auf ein „Thema“
(Gegenstandsbereich)

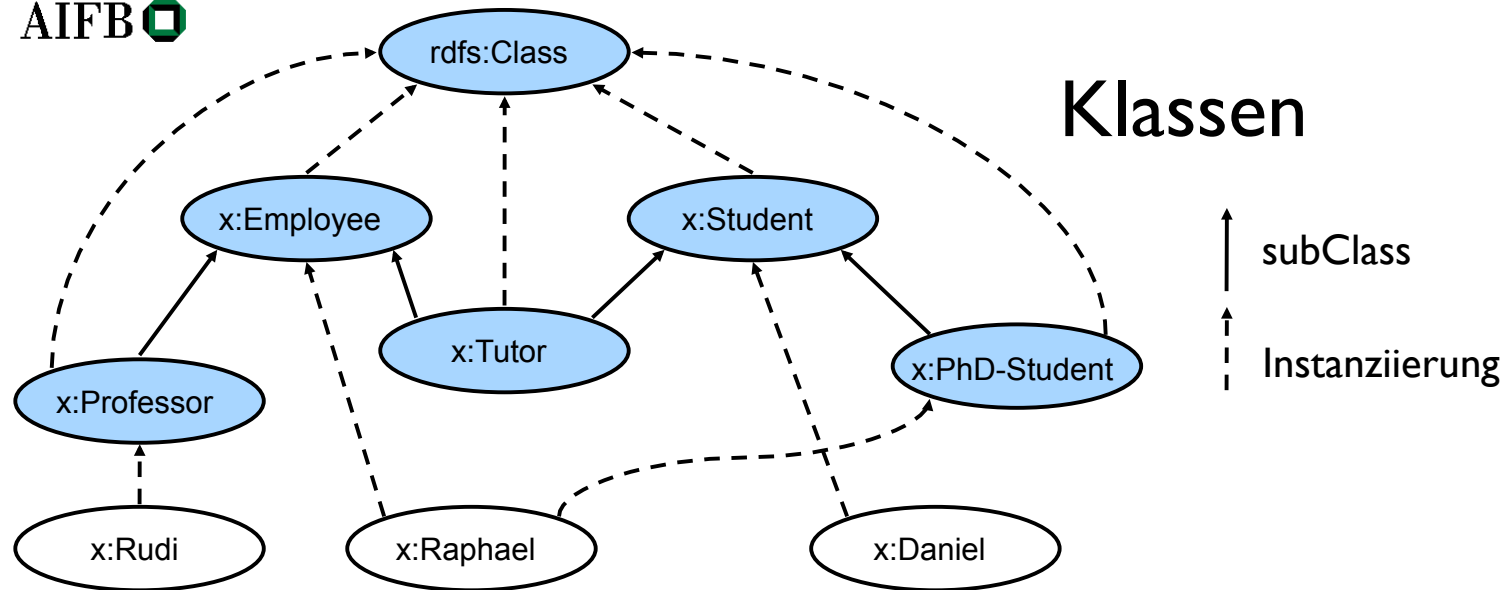
ONTOLOGIE – PRAKTISCH

EINIGE ANFORDERUNGEN

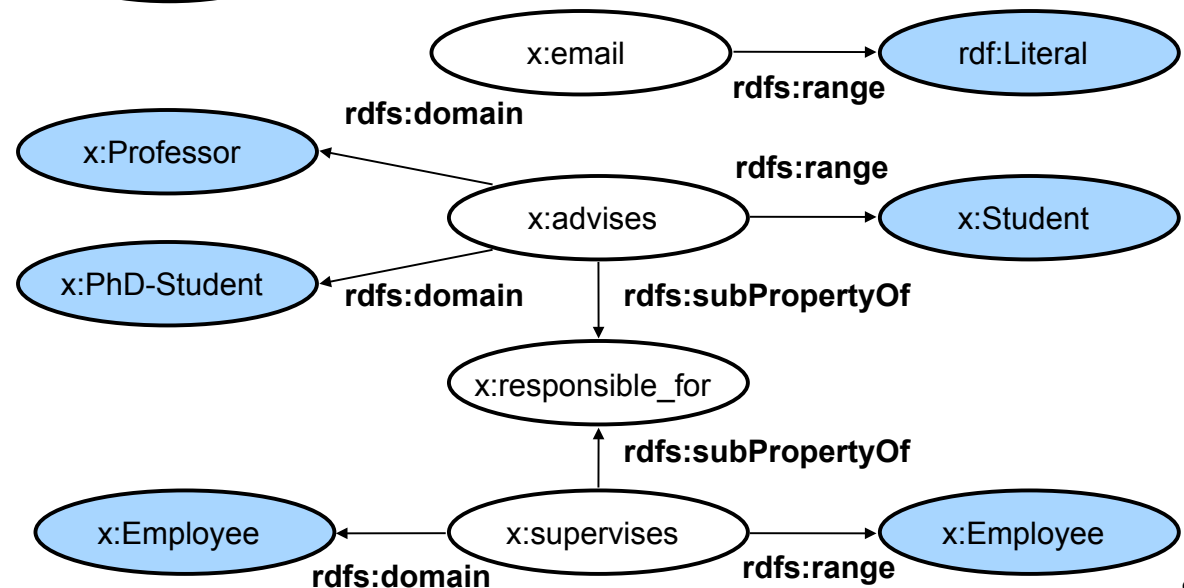
AIFB 

- Instanziierung von Klassen durch Individuen
- Begriffshierarchien (Taxonomien, „Vererbung“): Klassen, Begriffe
- binäre Relationen zwischen Individuen: Properties, Roles
- Eigenschaften von Relationen (z.B. range, transitive)
- Datentypen (z.B. Zahlen): concrete domains
- logische Ausdrucksmittel
- klare Semantik!

RDFS - EINFACHE ONTOLOGIEN



Relationen



RDF SCHEMA ALS ONTOLOGIESPRACHE?

AIFB 

- geeignet für einfache Ontologien
- Vorteil: automatisches Schlussfolgern ist relativ effizient
- aber: für komplexere Modellierungen ungeeignet
- Rückgriff auf mächtigere Sprachen, wie
 - OWL
 - F-Logik

AGENDA

AIFB 

- Motivation
- **OWL - Allgemeines**
- Klassen, Rollen und Individuen
- Klassenbeziehungen
- komplexe Klassen
- Eigenschaften von Rollen
- Anfragen an OWL-Ontologien

- W3C Recommendation seit 2009 (2. Version)
- Semantisches Fragment von FOL
- Fünf Varianten:
OWL EL, OWL RL, OWL QL \subseteq OWL DL \subseteq OWL Full
- Keine Reifikation in OWL DL
→ RDFS ist Fragment von OWL Full
- OWL DL ist entscheidbar
entspricht der Beschreibungslogik *SR₀IQ*(D)
- W3C-Dokumente (Vorlesungswebseite) enthalten Details,
die hier nicht alle angesprochen werden können.

OWL DOKUMENTE

AIFB 

- sind RDF Dokumente
(zumindest in der Standard-Syntax; es gibt auch andere)
- bestehen aus
 - Kopf mit allgemeinen Angaben
 - Rest mit der eigentlichen Ontologie

Definition von Namespaces in der Wurzel

```
<rdf:RDF
```

```
  xmlns ="http://www.semanticweb-grundlagen.de/beispielontologie#"
```

```
  xmlns:rdf  ="http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#"
```

```
  xmlns:xsd  ="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#"
```

```
  xmlns:rdfs ="http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#"
```

```
  xmlns:owl  ="http://www.w3.org/2002/07/owl#">
```

```
...
```

```
</rdf:RDF>
```

Allgemeine Informationen

```
<owl:Ontology rdf:about="">
```

```
  <rdfs:comment      rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/
XMLSchema#string">
```

```
    SWRC Ontologie in der Version vom Dezember 2005
```

```
  </rdfs:comment>
```

```
<owl:versionInfo>v0.5</owl:versionInfo>
```

```
<owl:imports rdf:resource="http://www.semanticweb-
grundlagen.de/foo"/>
```

```
<owl:priorVersion      rdf:resource="http://ontoware.org/
projects/swrc"/>
```

```
</owl:Ontology>
```

DER KOPF EINES OWL DOKUMENTES



von RDFS geerbt

`rdfs:comment`

`rdfs:label`

`rdfs:seeAlso`

`rdfs:isDefinedBy`

außerdem

`owl:imports`

für Versionierung

`owl:versionInfo`

`owl:priorVersion`

`owl:backwardCompatibleWith`

`owl:incompatibleWith`

`owl:DeprecatedClass`

`owl:DeprecatedProperty`

AGENDA

AIFB 

- Motivation
- OWL - Allgemeines
- **Klassen, Rollen und Individuen**
- Klassenbeziehungen
- komplexe Klassen
- Eigenschaften von Rollen
- Anfragen an OWL-Ontologien

KLASSEN, ROLLEN UND INDIVIDUEN



Die drei Bausteine von Ontologieaxiomen.

Klassen

Vergleichbar mit Klassen in RDFS

Individuen

Vergleichbar mit Objekten in RDFS

Rollen

Vergleichbar mit Properties in RDFS

Definition

```
<owl:Class rdf:ID="Professor"/>
```

vordefiniert:

`owl:Thing`

`owl:Nothing`

INDIVIDUEN



Definition durch Klassenzugehörigkeit

```
<rdf:Description rdf:ID="RudiStuder">  
<rdf:type rdf:resource="#Professor"/>  
</rdf:Description>
```

gleichbedeutend:

```
<Professor rdf:ID="RudiStuder"/>
```

ABSTRAKTE ROLLEN



abstrakte Rollen werden definiert wie Klassen

```
<owl:ObjectProperty  
  rdf:ID="Zugehoerigkeit"/>
```

Domain und Range abstrakter Rollen

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="Zugehoerigkeit">  
  <rdfs:domain rdf:resource="#Person"/>  
  <rdfs:range rdf:resource="#Organisation"/>  
</owl:ObjectProperty>
```

KONKRETE ROLLEN



konkrete Rollen haben Datentypen im Range

```
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Vorname"/>
```

Domain und Range konkreter Rollen

```
<owl:DatatypeProperty rdf:ID="Vorname">
```

```
  <rdfs:domain rdf:resource="#Person" />
```

```
  <rdfs:range   rdf:resource="&xsd:string"/>
```

```
</owl:DatatypeProperty>
```

Viele XML Datentypen können verwendet werden.

Im Standard vorgeschrieben sind `integer` und `string`.

INDIVIDUEN UND ROLLEN



```
<Person rdf:ID="RudiStuder">  
  <Zugehoerigkeit rdf:resource="#AIFB"/>  
  <Zugehoerigkeit rdf:resource="#ontoprise"/>  
  <Vorname rdf:datatype="&xsd:string">Rudi</Vorname>  
</Person>
```

Rollen sind im allgemeinen nicht funktional.

AGENDA

AIFB 

- Motivation
- OWL - Allgemeines
- Klassen, Rollen und Individuen
- **Klassenbeziehungen**
- komplexe Klassen
- Eigenschaften von Rollen
- Anfragen an OWL-Ontologien

EINFACHE KLASSENBEZIEHUNGEN



```
<owl:Class rdf:ID="Professor">  
  <rdfs:subClassOf  
    rdf:resource="#Fakultaetsmitglied"/>  
</owl:Class>  
  
<owl:Class rdf:ID="Fakultaetsmitglied">  
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Person"/>  
</owl:Class>
```

Es folgt durch Inferenz, dass `Professor` eine Subklasse von `Person` ist.

EINFACHE KLASSENBEZIEHUNGEN

AIFB 

```
<owl:Class rdf:ID="Professor">  
  <rdfs:subClassOf  
    rdf:resource="#Fakultaetsmitglied"/>  
</owl:Class>  
  
<owl:Class rdf:ID="Buch">  
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Publikation"/>  
</owl:Class>  
  
<owl:Class rdf:about="#Fakultaetsmitglied">  
  <owl:disjointWith rdf:resource="#Publikation"/>  
</owl:Class>
```

Es folgt durch Inferenz, dass Professor und Buch ebenfalls disjunkte Klassen sind.

EINFACHE KLASSENBEZIEHUNGEN

AIFB 

```
<owl:Class rdf:ID="Buch">
```

```
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Publikation"/>
```

```
</owl:Class>
```

```
<owl:Class rdf:about="#Publikation">
```

```
  <owl:equivalentClass
```

```
    rdf:resource="#Publication"/>
```

```
</owl:Class>
```

Es folgt durch Inferenz, dass Buch eine Subklasse von Publication ist.

INDIVIDUEN UND KLASSENBEZIEHUNGEN

AIFB 

```
<Buch rdf:ID="SemanticWebGrundlagen">

  <Autor rdf:resource="#PascalHitzler"/>

  <Autor rdf:resource="#MarkusKrötzsch"/>

  <Autor rdf:resource="#SebastianRudolph"/>

  <Autor rdf:resource="#YorkSure"/>

</Buch>

<owl:Class rdf:about="#Buch">

  <rdfs:subClassOf rdf:resource="#Publikation"/>

</owl:Class>
```

Es folgt durch Inferenz, dass SemanticWebGrundlagen eine Publikation ist.

BEZIEHUNGEN ZWISCHEN INDIVIDUEN

AIFB 

```
<Professor rdf:ID="RudiStuder"/>  
  
<rdf:Description rdf:about="#RudiStuder">  
  <owl:sameAs  
    rdf:resource="#ProfessorStuder"/>  
</rdf:Description>
```

Es folgt durch Inferenz, dass ProfessorStuder ein Professor ist.

Verschiedenheit von Individuen mittels

owl:differentFrom.

BEZIEHUNGEN ZWISCHEN INDIVIDUEN



```
<owl:AllDifferent>
```

```
  <owl:distinctMembers  
    rdf:parseType="Collection">
```

```
    <Person rdf:about="#RudiStuder"/>
```

```
    <Person rdf:about="#YorkSure"/>
```

```
    <Person rdf:about="#PascalHitzler"/>
```

```
  </owl:distinctMembers>
```

```
</owl:AllDifferent>
```

Abgekürzte Schreibweise anstelle der Verwendung von mehreren
`owl:differentFrom`.

Der Einsatz von `owl:AllDifferent` und `owl:distinctMembers`
ist nur dafür vorgesehen.

ABGESCHLOSSENE KLASSEN

AIFB 

```
<owl:Class rdf:about="#SekretaerinnenVonStuder">  
  <owl:oneOf rdf:parseType="Collection">  
    <Person rdf:about="#GiselaSchillinger"/>  
    <Person rdf:about="#BeateKuehner"/>  
  </owl:oneOf>  
</owl:Class>
```

Dies besagt, dass es nur **genau diese beiden** SekretaerinnenVonStuder gibt.

AGENDA

AIFB 

- Motivation
- OWL - Allgemeines
- Klassen, Rollen und Individuen
- Klassenbeziehungen
- **komplexe Klassen**
- Eigenschaften von Rollen
- Anfragen an OWL-Ontologien

LOGISCHE KLASSENKONSTRUKTOREN

AIFB 

- logisches Und (Konjunktion):
`owl:intersectionOf`
- logisches Oder (Disjunktion):
`owl:unionOf`
- logisches Nicht (Negation):
`owl:complementOf`
- Werden verwendet, um komplexe Klassen aus einfachen Klassen zu konstruieren.

KONJUNKTION

AIFB 

```
<owl:Class rdf:about="#SekretaerinnenVonStuder">
  <owl:equivalentClass>
    <owl:Class>
      <owl:intersectionOf rdf:parseType="Collection">
        <owl:Class rdf:about="#Sekretaerinnen"/>
        <owl:Class rdf:about="#AngehoeerigeAGStuder"/>
      </owl:intersectionOf>
    </owl:Class>
  </owl:equivalentClass>
</owl:Class>
```

Es folgt z.B. durch Inferenz, dass alle
SekretaerinnenVonStuder **auch**
Sekretaerinnen **sind**.

DISJUNKTION



```
<owl:Class rdf:about="#Professor">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class>
      <owl:unionOf rdf:parseType="Collection">
        <owl:Class rdf:about="#aktivLehrend"/>
        <owl:Class rdf:about="#imRuhestand"/>
      </owl:unionOf>
    </owl:Class>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
```

NEGATION



```
<owl:Class rdf:about="#Fakultaetsmitglied">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Class>
      <owl:complementOf rdf:resource="#Publikation"/>
    </owl:Class>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
```

semantisch äquivalente Aussage:

```
<owl:Class rdf:about="#Fakultaetsmitglied">
  <owl:disjointWith rdf:resource="#Publikation"/>
</owl:Class>
```

ROLLENEINSCHRÄNKUNGEN (**ALLVALUESFROM**)



dienen der Definition komplexer Klassen durch Rollen

```
<owl:Class rdf:ID="Pruefung">  
  <rdfs:subClassOf>  
    <owl:Restriction>  
      <owl:onProperty rdf:resource="#hatPruefer"/>  
      <owl:allValuesFrom rdf:resource="#Professor"/>  
    </owl:Restriction>  
  </rdfs:subClassOf>  
</owl:Class>
```

D.h. *alle* Prüfer einer Prüfung müssen Professoren sein.

ROLLENEINSCHRÄNKUNGEN (SOME VALUES FROM)



```
<owl:Class rdf:about="#Pruefung">  
  <rdfs:subClassOf>  
    <owl:Restriction>  
      <owl:onProperty rdf:resource="#hatPruefer"/>  
      <owl:someValuesFrom rdf:resource="#Person"/>  
    </owl:Restriction>  
  </rdfs:subClassOf>  
</owl:Class>
```

D.h. jede Prüfung muss *mindestens einen* Prüfer haben.

ROLLENEINSCHRÄNKUNGEN (KARDINALITÄTEN)



```
<owl:Class rdf:about="#Pruefung">  
  
  <rdfs:subClassOf>  
  
    <owl:Restriction>  
  
      <owl:onProperty rdf:resource="#hatPruefer"/>  
  
      <owl:maxCardinality rdf:datatype="&xsd;nonNegativeInteger">  
        2  
      </owl:maxCardinality>  
  
    </owl:Restriction>  
  
  </rdfs:subClassOf>  
  
</owl:Class>
```

Eine Prüfung kann *höchstens zwei* Prüfer haben.

ROLLENEINSCHRÄNKUNGEN (KARDINALITÄTEN)



```
<owl:Class rdf:about="#Pruefung">

  <rdfs:subClassOf>

    <owl:Restriction>

      <owl:onProperty rdf:resource="#hatThema"/>

      <owl:minCardinality
rdf:datatype="&xsd;nonNegativeInteger">
3

    </owl:minCardinality>

  </owl:Restriction>

</rdfs:subClassOf>

</owl:Class>
```

Eine Prüfung muss sich über *mindestens drei* Themengebiete erstrecken.

ROLLENEINSCHRÄNKUNGEN (KARDINALITÄTEN)



```
<owl:Class rdf:about="#Pruefung">  
  <rdfs:subClassOf>  
    <owl:Restriction>  
      <owl:onProperty rdf:resource="#hatThema"/>  
      <owl:cardinality rdf:datatype="&xsd;nonNegativeInteger">  
        3  
      </owl:cardinality>  
    </owl:Restriction>  
  </rdfs:subClassOf>  
</owl:Class>
```

Eine Prüfung muss sich über *genau drei* Themengebiete erstrecken.

ROLLENEINSCHRÄNKUNGEN (HASVALUE)



```
<owl:Class rdf:ID="PruefungBeiStuder">

  <rdfs:equivalentClass>

    <owl:Restriction>

      <owl:onProperty rdf:resource="#hatPruefer"/>

      <owl:hasValue rdf:resource="#RudiStuder"/>

    </owl:Restriction>

  </rdfs:equivalentClass>

</owl:Class>
```

`owl:hasValue` verweist immer auf eine konkrete Instanz. Dies ist äquivalent zum Beispiel auf der nächsten Folie.

ROLLENEINSCHRÄNKUNGEN (HASVALUE)



```
<owl:Class rdf:ID="PruefungBeiStuder">
```

```
  <owl:equivalentClass>
```

```
    <owl:Restriction>
```

```
      <owl:onProperty rdf:resource="#hatPruefer"/>
```

```
      <owl:someValuesFrom>
```

```
        <owl:oneOf rdf:parseType="Collection">
```

```
          <owl:Thing rdf:about="#RudiStuder"/>
```

```
        </owl:oneOf>
```

```
      </owl:someValuesFrom>
```

```
    </owl:Restriction>
```

```
  </owl:equivalentClass>
```

```
</owl:Class>
```

AGENDA



- Motivation
- OWL - Allgemeines
- Klassen, Rollen und Individuen
- Klassenbeziehungen
- komplexe Klassen
- **Eigenschaften von Rollen**
- Anfragen an OWL-Ontologien

ROLLENBEZIEHUNGEN



```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="hatPruefer">
```

```
  <rdfs:subPropertyOf  
    rdf:resource="#hatAnwesenden"/>
```

```
</owl:ObjectProperty>
```

Ebenso: `owl:equivalentProperty`

Rollen können auch invers zueinander sein:

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="hatPruefer">
```

```
  <owl:inverseOf rdf:resource="#prueferVon"/>
```

```
</owl:ObjectProperty>
```

ROLLENEIGENSCHAFTEN

AIFB 

- Domain
- Range
- Transitivität, d.h.
 $r(a,b)$ und $r(b,c)$ impliziert $r(a,c)$
- Symmetrie, d.h.
 $r(a,b)$ impliziert $r(b,a)$
- Funktionalität
 $r(a,b)$ und $r(a,c)$ impliziert $b=c$
- Inverse Funktionalität
 $r(a,b)$ und $r(c,b)$ impliziert $a=c$

DOMAIN UND RANGE



```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="Zugehoerigkeit">  
  <rdfs:range rdf:resource="#Organisation"/>  
</owl:ObjectProperty>
```

ist gleichbedeutend mit dem Folgenden:

```
<owl:Class rdf:about="\&owl;Thing">  
  <rdfs:subClassOf>  
    <owl:Restriction>  
      <owl:onProperty rdf:resource="#Zugehoerigkeit"/>  
      <owl:allValuesFrom rdf:resource="#Organisation"/>  
    </owl:Restriction>  
  </rdfs:subClassOf>  
</owl:Class>
```

DOMAIN UND RANGE: VORSICHT!



```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="Zugehoerigkeit">  
  <rdfs:range rdf:resource="#Organisation"/>  
</owl:ObjectProperty>  
  
<Zahl rdf:ID="Fuenf">  
  <Zugehoerigkeit rdf:resource="#Primzahlen"/>  
</Zahl>
```

Es folgt nun, dass Primzahlen eine Organisation ist!

ROLLENEIGENSCHAFTEN

AIFB 

```
<owl:ObjectProperty rdf:ID="hatKollegen">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;TransitiveProperty"/>
  <rdf:type rdf:resource="&owl;SymmetricProperty"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="hatProjektleiter">
  <rdf:type rdf:resource="&owl;FunctionalProperty"/>
</owl:ObjectProperty>
<owl:ObjectProperty rdf:ID="istProjektleiterFuer">
  <rdf:type
    rdf:resource="&owl;InverseFunctionalProperty"/>
</owl:ObjectProperty>
<Person rdf:ID="YorkSure">
  <hatKollegen rdf:resource="#PascalHitzler"/>
  <hatKollegen rdf:resource="#AnupriyaAnkolekar"/>
  <istProjektleiterFuer rdf:resource="#SEKT"/>
</Person>
<Projekt rdf:ID="SmartWeb">
  <hatProjektleiter rdf:resource="#PascalHitzler"/>
  <hatProjektleiter rdf:resource="#HitzlerPascal"/>
</Projekt>
```


FOLGERUNGEN AUS DEM BEISPIEL



- `AnupriyaAnkolekar hatKollegen YorkSure`
- `AnupriyaAnkolekar hatKollegen PascalHitzler`
- `PascalHitzler owl:sameAs HitzlerPascal`

AGENDA

AIFB 

- Motivation
- OWL - Allgemeines
- Klassen, Rollen und Individuen
- Klassenbeziehungen
- komplexe Klassen
- Eigenschaften von Rollen
- Anfragen an OWL-Ontologien

TERMINOLOGISCHE ANFRAGEN AN OWL (NUR KLASSEN UND ROLLEN)



- Klassenäquivalenz
- Subklassenbeziehung
- Disjunktheit von Klassen
- globale Konsistenz (Erfüllbarkeit, Widerspruchsfreiheit)
- Klassenkonsistenz: Eine Klasse ist *inkonsistent*, wenn sie äquivalent zu `owl:Nothing` ist - dies deutet oft auf einen Modellierungsfehler hin:

```
<owl:Class rdf:about="#Buch">
```

```
  <owl:subClassOf rdf:resource="#Publikation"/>
```

```
  <owl:disjointWith rdf:resource="#Publikation"/>
```

```
</owl:Class>
```

ASSERTIONALE ANFRAGEN AN OWL (MIT INDIVIDUEN)

AIFB 

- Instanzüberprüfung: Gehört gegebenes Individuum zu gegebener Klasse?
- Suche nach allen Individuen, die in einer Klasse enthalten sind.
- Werden zwei gegebene Individuen durch Rolle verknüpft?
- Suche nach allen Individuenpaaren, die durch eine Rolle verknüpft sind.
- ...Vorsicht: es wird nur nach „beweisbaren“ Antworten gesucht!

- Editoren
 - Protégé, <http://protege.stanford.edu>
 - SWOOP, <http://www.mindswap.org/2004/SWOOP/>
 - OWL Tools, <http://owltools.ontoware.org/>
- Inferenzmaschinen
 - Pellet, <http://clarkparsia.com/pellet/>
 - HermiT <http://hermit-reasoner.com/>
 - KAON2, <http://kaon2.semanticweb.org>
 - FACT++, <http://owl.man.ac.uk/factplusplus/>
 - Racer, <http://www.racer-systems.com/>

WEITERFÜHRENDE LITERATUR



- <http://www.w3.org/2007/OWL/>
zentrale W3C Webseite für OWL.
- <http://www.w3.org/TR/owl2-overview/>
Überblick über OWL.
- <http://www.w3.org/TR/owl2-syntax/>
vollständige Beschreibung der OWL-Sprachkomponenten.
- <http://www.w3.org/TR/owl2-primer/>
zeigt, wie OWL zur Wissensmodellierung verwendet werden kann.
- <http://www.w3.org/TR/owl2-direct-semantics/>
beschreibt die Semantik von OWL, die wir auf andere Weise später behandeln werden. Es beschreibt außerdem die abstrakte Syntax für OWL DL, die wir hier später noch ansprechen.